

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎี	5
2.1 ความหมายของพลาสมา	5
2.2 กระบวนการเกิดพลาสมา	6
2.3 Plasma immersion ion implantation deposition (PIII-D)	7
2.4 อันตรกิริยาระหว่างไอออนกับพอลิเมอร์	10
2.5 ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร (Diamond-like carbon film)	11
2.6 พลังงานของไอออนกับการเกิดฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร	14
2.7 พลาสติก PVDC (Polyvinylidene chloride)	15
2.8 พลาสติก PET (Polyethylenec terephthalate)	17
2.9 กระบวนการซึมผ่านของก๊าซผ่านฟิล์มบรรจุภัณฑ์	18
2.10 สัมประสิทธิ์การแพร่ สัมประสิทธิ์การละลาย และสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน	19
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	22
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	22
3.2 ระบบพลาสมาอิมเมอร์ชัน (Plasma Immersion Ion Implantation deposition)	22
3.3 การทำพลาสมาอิมเมอร์ชัน	24
3.3.1 การเตรียมฟิล์ม	24

3.3.2 กระบวนการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร	26
3.4 การจำลองเส้นทางของไอออนภายในฟิล์มบรรจุภัณฑ์	27
3.5 การวัดอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน	27
3.6 การวัดค่า L_a และ b	28
3.7 การวัดค่าความหนาของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรที่สังเคราะห์ได้	28
3.8 การวัดโครงสร้างทางผลึกของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร	29
3.9 การวิเคราะห์หาโครงสร้างและพันธะ	29
3.10 การวิเคราะห์ทางสถิติ	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	31
4.1 ผลจากการ sputter ด้วยอาร์กอนก่อนการสังเคราะห์ฟิล์ม	31
4.2 อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน	33
4.2.1 ผลของเวลาในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรต่ออัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์ม PET และ PVDC	33
4.2.2 ผลของความหนาของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรต่ออัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์ม PVDC	34
4.2.3 ผลของศักย์ไฟฟ้าไบแอสในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรต่ออัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนของฟิล์ม PET และ PVDC	34
4.3 ความหนาของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร	36
4.3.1 ผลจากกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม	36
4.4 การเปลี่ยนสีของฟิล์ม	37
4.4.1 ผลของเวลาในการสังเคราะห์ด้วยฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรกับการเปลี่ยนสีของฟิล์ม	37
4.4.2 ผลของศักย์ไฟฟ้าไบแอสในการสังเคราะห์ด้วยฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรกับการเปลี่ยนสีของฟิล์ม	40
4.5 Raman spectroscopy	43
4.5.1 Raman spectroscopy ของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรที่แปรค่าเวลาในการสังเคราะห์ฟิล์ม	43

4.5.2 Raman spectroscopy ของฟิล์มคาร์บอนกลายเพชรที่แปรค่าศักย์ไฟฟ้า	
ไบแอสในการสังเคราะห์ฟิล์ม	49
4.5 Fourier transform infrared (FT-IR) spectrometer	55
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุปผลการทดลอง	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก ก	64
ประวัติผู้เขียน	68

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 เปรียบเทียบสมบัติของโครงสร้างอสัณฐาน (amorphous carbons) กับเพชร (diamond)	13
2.2 สมบัติทั่วไปของ PVDC	16
2.3 สมบัติทั่วไปของ PET	18
4.1 อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์ม PVDC และ PET ที่เวลา สังเคราะห์ฟิล์ม 0 5 10 และ 15 นาที	33
4.2 อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์ม PVDC และ PET ที่ศักย์ไฟฟ้า ไบแอส 0 -5 -7 -10 และ -15 kV	35
4.3 แสดงตำแหน่งของพีกและอัตราส่วน I_D/I_G ของฟิล์ม PVDC ที่เวลาสังเคราะห์ฟิล์ม 5 10 และ 15 นาที	46
4.4 แสดงตำแหน่งของพีกและอัตราส่วน I_D/I_G ของฟิล์ม PET ที่เวลาสังเคราะห์ฟิล์ม 5 10 และ 15 นาที	49
4.5 แสดงตำแหน่งของพีกและอัตราส่วน I_D/I_G ของฟิล์ม PVDC ที่ศักย์ไฟฟ้าไบแอส -5 -7 -10 และ -15 kV	52
4.6 แสดงตำแหน่งของพีกและอัตราส่วน I_D/I_G ของฟิล์ม PET ที่ศักย์ไฟฟ้าไบแอส -5 -7 -10 และ -15 kV	55
4.7 โหมดการสั่นของพันธะ C-H	58

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 พลังงานของไอออนและความหนาแน่นของไอออนในการปลูกฝังไอออนแต่ละเทคนิค	8
2.2 การปลูกฝังไอออนแบบ PIII-D	9
2.3 การปลูกฝังไอออนแบบ beamline ion implantation	9
2.4 กระบวนการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านผิวโลหะ	10
2.5 แบบจำลองจากโปรแกรม SRIM (stopping and range of ion in matter) แสดงจำนวน vacancies ของ PET ซึ่งมีใช้เงื่อนไขคือใช้ไอออนของคาร์บอน 1000 ไอออนพลังงาน -15 kV	11
2.6 เฟสไดอะแกรมของคาร์บอน	13
2.7 การเกิดฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร	15
2.8 โครงสร้างทางเคมีของ PVDC	15
2.9 โครงสร้างทางเคมีของ PET	17
2.10 กระบวนการซึมผ่านของก๊าซผ่านฟิล์ม	19
3.1 แผนผังระบบพลาสมาอิมเมอร์ชันจากการเหนี่ยวนำด้วยคลื่นวิทยุ 13.56 MHz	23
3.2 ระบบพลาสมาอิมเมอร์ชัน	24
3.3 แท่นยึด หน้ากาก และฟิล์มบรรจุภัณฑ์	25
3.4 ลักษณะของแท่นยึดเมื่อประกอบเข้ากับฟิล์มบรรจุภัณฑ์และหน้ากาก	25
3.5 แท่นยึดเมื่อประกอบกับตัวยึด	26
3.6 เครื่องวัดอัตราการซึมผ่านของก๊าซ	28
3.7 แสดงค่า L a และ b Color	29
4.1 แบบจำลองการวิ่งเข้าชนฟิล์ม PVDC โดยโปรแกรม SRIM ของไอออนของอาร์กอน พลังงาน -2.4 kV จำนวน 1000 ไอออน	32
4.2 แบบจำลองการวิ่งเข้าชนฟิล์ม PET โดยโปรแกรม SRIM ของไอออนของอาร์กอน พลังงาน -2.4 kV จำนวน 1000 ไอออน	32

4.3 กราฟระหว่างอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์ม PVDC กับความหนาของฟิล์ม	34
4.4 ภาพจาก AFM แสดงลักษณะของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรที่สังเคราะห์บน PVDC	36
4.5 กราฟระหว่างความหนาและเวลาในการสังเคราะห์ฟิล์มบนฟิล์ม PVDC	37
4.6 กราฟระหว่างค่า α กับระยะเวลาในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนฟิล์ม PVDC และ PET	38
4.7 กราฟระหว่างค่า β กับระยะเวลาในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนฟิล์ม PVDC และ PET	38
4.8 กราฟระหว่างค่า L กับระยะเวลาในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนฟิล์ม PVDC และ PET	39
4.9 กราฟระหว่างค่า ΔE กับระยะเวลาในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนฟิล์ม PET และ PVDC	40
4.10 กราฟระหว่างค่า α กับศักย์ไฟฟ้าไบแอตในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนฟิล์ม PVDC และ PET	41
4.11 กราฟระหว่างค่า β กับศักย์ไฟฟ้าไบแอตในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนฟิล์ม PVDC และ PET	41
4.12 กราฟระหว่างค่า L กับศักย์ไฟฟ้าไบแอตในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนฟิล์ม PVDC และ PET	42
4.13 กราฟระหว่างค่า ΔE กับศักย์ไฟฟ้าไบแอตในการสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรบนฟิล์ม PET และ PVDC	42
4.14 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PVDC	44
4.15 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PVDC ที่เวลาสังเคราะห์ฟิล์ม 5 นาที	44
4.16 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PVDC ที่เวลาสังเคราะห์ฟิล์ม 10 นาที	45
4.17 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PVDC ที่เวลาสังเคราะห์ฟิล์ม 15 นาที	45
4.18 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PET	47
4.19 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PET ที่เวลาสังเคราะห์ฟิล์ม 5 นาที	47
4.20 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PET ที่เวลาสังเคราะห์ฟิล์ม 10 นาที	48
4.21 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PET ที่เวลาสังเคราะห์ฟิล์ม 15 นาที	48

4.22 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PVDC ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -5 kV	50
4.23 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PVDC ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -7 kV	50
4.24 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PVDC ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -10 kV	51
4.25 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PVDC ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -15 kV	51
4.26 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PET ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -5 kV	53
4.27 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PET ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -7 kV	53
4.28 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PET ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -10 kV	54
4.29 Raman spectroscopy ของฟิล์ม PET ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -15 kV	54
4.30 เปรียบเทียบ FT-IR ของฟิล์ม PVDC ก่อนและหลังถูกสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -15 KV	56
4.31 เปรียบ FT-IR ของฟิล์ม PET ก่อนและหลังถูกสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -15 KV	56
4.32 เปรียบเทียบ FT-IR ของฟิล์ม PVDC ก่อนและหลังถูกสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -15 KV ในช่วง $2700 - 3200 \text{ cm}^{-1}$	57
4.33 เปรียบเทียบ FT-IR ของฟิล์ม PET ก่อนและหลังถูกสังเคราะห์ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าไบโแอส -15 KV ในช่วง $2700 - 3200 \text{ cm}^{-1}$	58